



Karakterisasi mikrostruktur *film* whey dengan penambahan *konjac glucomannan*

Fahrullah*, Mohamad Ervandi

Peternakan, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

Article history

Diterima:

26 Oktober 2021

Diperbaiki:

9 November 2021

Disetujui:

15 Februari 2022

Keyword

Film;

Konjac;

Microstructure;

Plasticizer;

Whey.

ABSTRACT

The research aims to observe the effect of konjac glucomannan and different types of plasticizers on the microstructure of whey film. The microstructure of whey film was investigated using an experimental method. The research was conducted in descriptive methods with two treatments. The treatment used konjac glucomannan concentration (P4= 2.5 %; P7= 3 %) and different types of plasticizers (C1= glycerol 30 %; polyethylene glycol 30 %). The results showed that the combination of whey and konjac glucomannan had an effect on the microstructure of the film. The addition of konjac glucomannan concentration, 30 % glycerol, and 30 % PEG plasticizers gave microstructural characteristics with good whey film surface. The microstructure of this film was determined during the heating, drying process and the contribution of the gel from konjac glucomannan to the whey film structure. A more homogeneous edible film microstructure was obtained using a 2.5 % concentration of KGM with the use of 30 % glycerol plasticizer where the distribution of konjac glucomannan was mixed into the whey protein matrix evenly (homogeneous).



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : fahrullah@umgo.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v16i3.12303

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pangan seiring berjalannya waktu dapat menciptakan produk pangan yang baru, dimana produk pangan tersebut hampir sepenuhnya membutuhkan kemasan. Limbah padat pemukiman menyumbang sebesar 30 % bahan pengemas dan 13 % diantaranya berasal dari kemasan plastik. Peningkatan kekhawatiran tentang perlindungan lingkungan serta peningkatan kebutuhan konsumen akan pangan yang aman dan sehat memunculkan kemasan yang dapat langsung untuk dikonsumsi dan memiliki sifat yang *biodegradable* sebagai alternatif dalam mengganti kemasan yang terbuat dari kemasan konvensional seperti polietilen, polivinil klorida, dan polipropilen

Film yang dapat dimakan adalah lapisan yang tipis yang berfungsi untuk melindungi serta melapisi produk pangan dan memiliki kelebihan dapat dikonsumsi secara langsung. Tujuan dari penggunaan *film* dalam produk pangan adalah untuk peningkatan mutu produk pangan dan dapat memperpanjang daya simpan pangan yang dikemas. Fungsi dari *film* yang dapat dimakan diantaranya sebagai flavour, pewarna, memperbaiki sifat organoleptik produk pangan yang dikemas, zat antimikroba, zat antioksidan, penghalang terhadap oksigen, kelembapan dan migrasi zat terlarut dalam produk yang dikemasnya (Hassan *et al.*, 2018),

Whey merupakan *by-product* dari pengolahan keju. Whey memiliki kandungan protein yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan *film*. *Edible film* berbahan dasar whey yang mengandung protein memiliki kelemahan seperti sifat yang mudah rapuh, tidak elastis dan mudah patah. Untuk mengatasi kelemahannya, maka diperlukan penambahan *plasticizer* yang dicampurkan ke dalam larutan *edible film*. Jenis *plasticizer* yang sering dipergunakan adalah gliserol, sorbitol dan polietilen glikol. Bahan hidrokoloid, lipid serta komposit dari keduanya merupakan bahan dasar dalam proses pembuatan *edible film*.

(Prasetyaningrum *et al.*, 2010). Konjac Glucomannan memiliki prospek yang cerah untuk persiapan kemasan yang dapat dimakan karena kemampuan pembentukan film yang sangat baik (Jia *et al.*, 2009). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan karakteristik film dengan penambahan konjac glucomannan (Li *et*

al., 2015; Rhim dan Wang, 2013; Wang *et al.*, 2017; Wei *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2018; Fahrullah *et al.*, 2020b; Fahrullah *et al.* 2021).

Penambahan *konjac glucomannan* pada pembuatan *film* dapat membuat atau membentuk gel yang elastis, melindungi dari O₂, CO₂, minyak, stabil terhadap asam, tahan terhadap garam serta menaikkan struktur kesatuan dari produk. Adapun kekurangan dari *konjac glukomannan* yakni memiliki sifat hidrofilik, larut dalam air, viskositasnya tinggi (Adlin *et al.*, 2020). Pada penelitian ini ditambahkan kombinasi polimer whey dimana mengandung protein yang dapat menghasilkan karakteristik *film* yang baik. Kombinasi *konjac glucomannan* dengan whey dapat menghasilkan kuat tarik dan *elongation* yang cukup baik. Karakter sifat mekanika dari kombinasi ini sangat prospektif dalam pengembangan material *film*.

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) berfungsi dalam hal pengevaluasian homogenitas dari *film*, pori-pori, retakan yang terjadi serta struktur permukaan *film*. Tujuan dari pengamatan SEM ini adalah dapat mengetahui struktur penampang/permukaan serta homogenitas campuran larutan *film* yang telah dibuat, selain itu juga manfaat dari pengamatan struktur mikro adalah mempelajari keterkaitan dan hubungan antara sifat yang terkandung dalam *film*. Pada pengamatan SEM yang diamati adalah bentuk butiran, ukuran butiran serta larutan padat yang terbentuk pada *film*, semakin kecil dan halus ukuran butiran yang terbentuk maka akan berdampak pada kekuatan mekanis *film* akan semakin baik, begitupun dengan pemerataan larutan padat maka kekuatan tarik akan bertambah baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakteristik mikrostruktur *film* whey dengan penambahan *konjac glucomannan*.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah whey, *konjac glucomannan*, *plasticizer* gliserol & polietilen glikol (PEG), kertas label, dan akuades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hot plate stirrer*, *magnetic stirrer*, *thermometer*, *erlenmeyer*, gelas ukur, *micro pipet*, timbangan digital, aluminium foil dan *petridish*.

Metode Pengukuran

Pembuatan lapisan *film* dilakukan dengan cara mencampur whey 8 % (b/v) dengan *konjac glucomannan* sesuai perlakuan hingga larutan mencapai 25 mL. Larutan ditambahkan gliserol dan polietilen glikol masing-masing 30 % dari larutan whey, kemudian larutan *film* dipanaskan pada suhu $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ di atas hot plate dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 250 rpm selama 30 menit. Larutan *film* yang telah jadi dituang ke dalam cawan petri dan kemudian didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam (Fahrullah *et al.*, 2020b).

Struktur mikro *film* whey diamati dengan uji SEM dengan menggunakan SEM JEOL JSM 5310 LV *Scanning Microscope*. *Film* dipotong masing-masing ukurannya 0,5 x 0,5 cm, kemudian sampel *film* diletakkan pada logam yang telah dilapisi karbon dan selanjutnya dilakukan pelapisan emas ke dalam *magnetron sputtering device* yang telah dilengkapi dengan pompa vakum. Sampel *film* yang diletakkan di dalam mikroskop elektron dilakukan pengamatan struktur permukaan dan kemudian melakukan pemotretan.

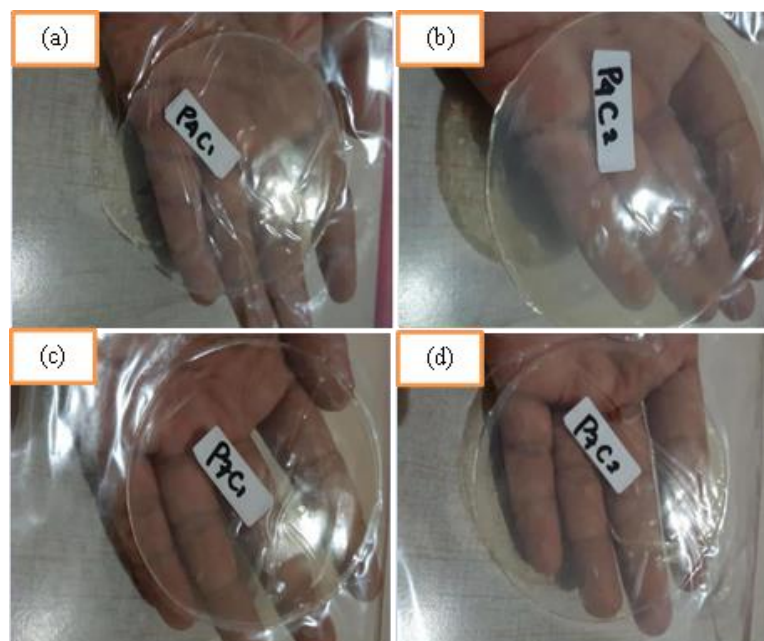
Analisis Data

Perlakuan menggunakan konsentrasi *konjac glucomannan* (P4= 2,5 %; P7= 3 %) serta jenis

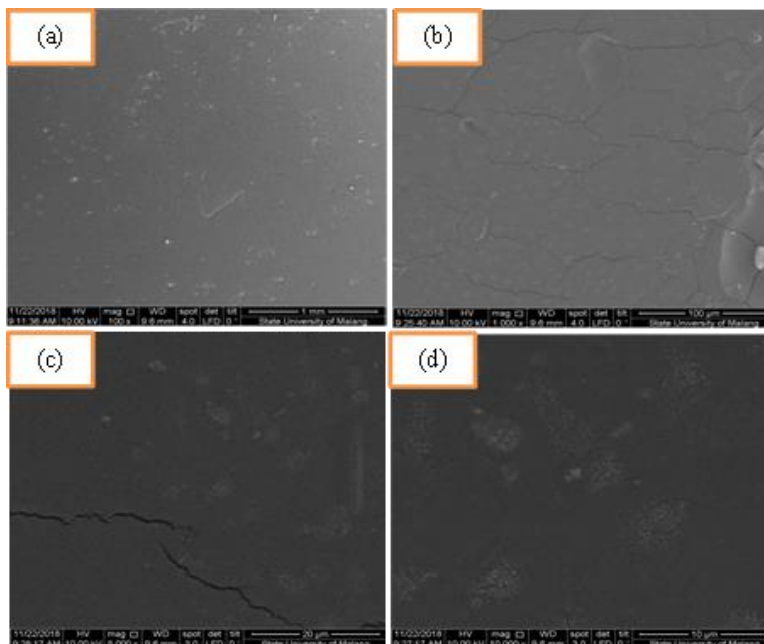
plasticizer (C1=gliserol 30 %; C2= polietilen glikol 30 %). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan memberikan gambaran secermat mungkin mengenai suatu individu, keadaan, gejala maupun kelompok tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan mikrostruktur *film* whey dengan penambahan KGM menggunakan alat *Scanning Electron Microscopic* (SEM) bertujuan untuk menampilkan ataupun memperlihatkan partikel penyusun bahan yang terkandung dalam *film* whey (Fahrullah dan Ervandi, 2021). Adapun manfaat dari pengamatan mikrostruktur adalah untuk mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat pada suatu bahan. Komposisi bahan serta proses yang tepat sangat menentukan karakteristik *edible film*. Pengamatan mikrostruktur *film* merupakan sebuah elemen yang sangat penting untuk mengetahui sifat dari *film* itu sendiri. Penampakan *film* whey dengan penambahan konsentrasi KGM dan jenis *plasticizer* yang berbeda dapat dilihat pada gambar 1. Terlihat pada gambar 1 *film* yang dihasilkan secara kasat mata tidak sobek, memperlihatkan *film* whey dengan kondisi yang baik serta bentuknya yang teratur dan rapi.



Gambar 1 Penampakan *film* whey dengan penambahan (a) *konjac glucomannan* 2,5 %, gliserol 30 %; (b) *konjac glucomannan* 3 %, gliserol 30 %; (c) *konjac glucomannan* 2,5 %, PEG 30 % dan (d) *konjac glucomannan* 3 %, PEG 30 %.



Gambar 2 Mikrostruktur film whey dengan penambahan konjac glucomannan 2,5 % dan plasticizer gliserol 30 % dengan perbesaran (a) 100 x; (b) 1000 x; (c) 5000 x dan (d) 10000 x.

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan mikrostruktur pada gambar 2; 3; 4 dan 5 dengan perlakuan yang berbeda yakni penambahan konsentrasi *konjac glucomannan* yang berbeda dan penggunaan *plasticizer* gliserol dan polietilen glikol mulai dari perbesaran 100-10000 x.

Gambar 2 menunjukkan mikrostruktur *film* whey dengan penambahan KGM 2,5 % dan *plasticizer* gliserol 30 %. Foto mikrostruktur yang dihasilkan dengan menggunakan metode SEM menghasilkan struktur permukaan yang rata, campuran whey dan KGM terlihat menyatu pada permukaan *film* yang terbentuk, larutan *film* yang tersebar secara merata akan menghasilkan kekuatan tarik *film* yang baik, selanjutnya dengan dilakukan perbesaran menunjukkan bahwa ada gelembung-gelembung kecil yang nampak pada *film* whey, namun gelembung ini dapat dihilangkan dengan cara proses vakum. Hal ini sesuai dengan pendapat Al Awwaly *et al.*, (2010) yang menyatakan bahwa penggunaan kondisi vakum untuk menghilangkan gelembung udara pada pembuatan film dapat mengurangi ukuran dan jumlah pori-pori pada film serta pada perbesaran 500 x mulai terlihat adanya retakan-retakan yang timbul (terlihat retakan yang lebih jelas pada permukaan 5000 x), retakan juga terjadi pada penelitian Fahrullah *et al.*, (2020a) dimana struktur permukaan *film* komposit dengan penambahan gliserol menghasilkan retakan pada *film*, hal ini terjadi karena adanya proses

pemanasan diatas suhu 95 °C pada saat pengolahan larutan *film*. Struktur mikro *film* dipengaruhi oleh metode pemanasan, homogenisasi, komposisi emulsi, dan susunan struktural dari komponen yang berbeda pada akhir proses pengeringan. Mikrostruktur *film* mengungkap susunan struktural komponen-komponennya yang dapat memengaruhi kualitas sifat mekanik *film* (Cofelice *et al.*, 2019). Gambar 2 juga memperlihatkan ukiran butiran-butiran yang terlihat nampak lebih kecil (didapat pada perbesaran 10000 x), semakin halus dan kecil bentuk butiran, kekuatan mekanis dari *film* akan bertambah baik (berdampak pada peningkatan kekuatan tarik *film*). Proses pemanasan juga akan mengakibatkan kurangnya gumpalan dan akan menghasilkan permukaan struktur yang rata dan halus. Proses pemanasan air dengan KGM akan menghasilkan kekuatan gel yang baik, KGM disini berfungsi menjaga kekompakan dan kestabilan *film* whey. Hal ini akan berkaitan dengan sifat mekanis *film* yang dihasilkan, dimana kekuatan tarik semakin meningkat dan akan mengakibatkan semakin tingginya kemampuan peregangan (*elongation*) dan tahan terhadap kerapuhan (Sinaga *et al.*, 2013).

Gambar 3 menunjukkan penampang permukaan *film* whey dengan penambahan KGM 3% dan menggunakan *plasticizer* gliserol 30%. Gambar 3 menunjukkan bahwa permukaan *film* whey terlihat rata sama seperti gambar 2, namun yang membedakan pada struktur permukaan

terlihat pada bagian yang menggumpal. Hal ini disebabkan oleh proses homogenisasi pada larutan *film* whey dengan penambahan KGM tidak merata secara maksimal (terlihat pada perbesaran mulai dari 1000-10000 x). Penambahan konsentrasi KGM yang lebih besar dapat mengubah kenampakan permukaan menjadi agak kasar dengan munculnya butiran yang lebih besar, hal ini dikarenakan struktur gel jaringan yang dibentuk oleh KGM tidak sepenuhnya tercampur dengan whey. Ketika penambahan konsentrasi KGM yang meningkat maka akan terjadi penggumpalan. Gambar 2 memperlihatkan mikrostruktur yang dihasilkan ada retakan, namun pada gambar 3, retakan pada permukaan *film* menghilang dan struktur permukaan masih terlihat kompak dengan penambahan KGM 3 %. Penambahan *plasticizer* gliserol dalam *film* menyebabkan perubahan susunan struktural permukaan *film* dan menghasilkan permukaan yang relatif kompak dan seragam. Hasil penelitian dari Saberi *et al.* (2017) memperlihatkan hasil yang relatif sama dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa berat molekul *plasticizer* memengaruhi mikrostruktur *film*, semakin kecil berat molekul suatu *plasticizer* maka matriks *film* akan menjadi lebih kompak dan homogen. Berat molekul gliserol adalah 92,09 g/mol. Qiao *et al.* (2011) menyatakan efek dari penambahan poliol (gliserol) akan menghasilkan morfologi yang seragam tanpa adanya butiran butiran yang tersisa. *Plasticizer* gliserol juga dapat meningkatkan fleksibilitas *film* sehingga akan memperbaiki sifat mekaniknya. Mikrostruktur yang dihasilkan juga tampak lebih halus dibandingkan dengan gambar 6, hal ini sesuai dengan penelitian Purnavita *et al.* (2020) dimana dengan penambahan gliserol memperlihatkan permukaan *film* yang lebih merata dan halus dengan penambahan rasio glukomanan dan pati aren. Hal ini sesuai dengan karakteristik gliserol sebagai *plasticizer* yang membuat *film* lebih fleksibel dengan cara meregangkan ikatan antar molekul penyusun *film* (Kamsiati *et al.*, 2017).

Mikrostruktur *film* whey yang dihasilkan oleh SEM (Gambar 4) menunjukkan bahwa jenis *plasticizer* dapat memengaruhi matriks *film*. Mostafavi *et al.* (2016) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara orientasi molekular bahan penyusun *film* dengan karakteristik fisikokimia *film* yang dapat dilihat dari mikrostruktur *film*. Mikrostruktur *film* whey dengan penambahan KGM 2,5 % memperlihatkan struktur permukaan yang tidak tercampur secara

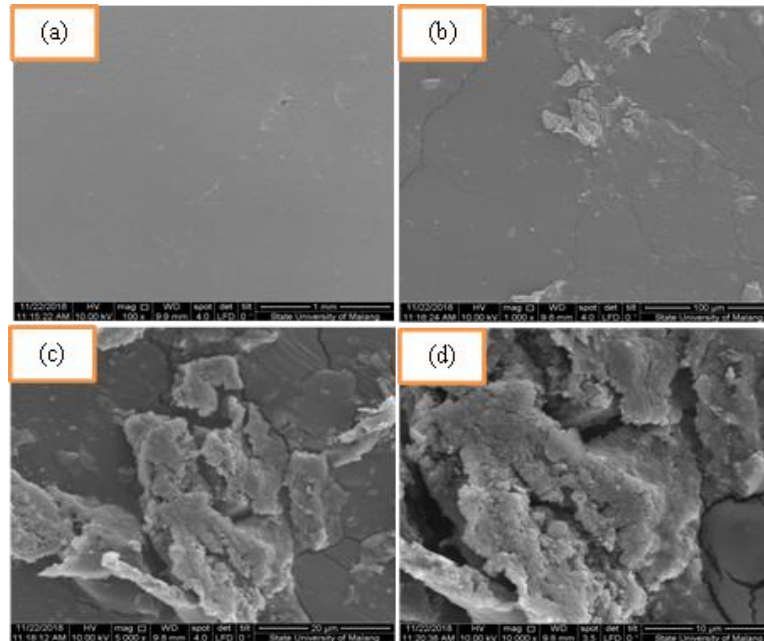
merata. Gambar 4 menunjukkan polimer whey dan KGM tidak menyatu sama lain. Hal tersebut ditandai dengan pati hanya berkumpul pada titik dan tidak menyebar secara merata. Penggunaan PEG juga memberikan dampak bagi struktur permukaan *film* whey, hal ini sesuai dengan penelitian Marpongahtun (2016) dimana penggunaan PEG menampakkan struktur yang lebih kasar dan padat dibandingkan dengan silitol dan sorbitol, hal ini dikarenakan PEG memiliki ukuran molekul yang lebih besar yang dapat menyebabkan jumlah total padatan *film*. Saberi *et al.* (2017) menyatakan bahwa *film* yang mengandung *plasticizer* dengan berat molekul yang lebih rendah akan menunjukkan permukaan struktur *film* yang lebih kompak, homogen, seragam dan lebih padat jika dibandingkan dengan *plasticizer* dengan berat molekul tinggi. *Film* menampilkan beberapa partikel yang tidak beraturan padahal sudah didistribusikan secara merata. Struktur mikro dari *edible film* diketahui berkorelasi dengan karakteristik fisiknya. Menurut Wang *et al.* (2010), struktur *edible film* yang kurang kompak menunjukkan kekuatan tarik *film* yang lebih lemah. Selain itu, distribusi molekul polimer dan ruang molekul juga akan menunjukkan perpanjangan *film* putus.

Karakteristik struktur mikro dari *edible film* merupakan faktor penentu karakteristik *film* secara keseluruhan. Pengamatan struktur mikro melalui SEM menunjukkan struktur yang bervariasi, dari struktur padat hingga struktur renggang dan bergelombang. Gambar 5 memperlihatkan mikrostruktur *film* whey dengan penambahan KGM 3 % dengan *plasticizer* PEG 30 %.

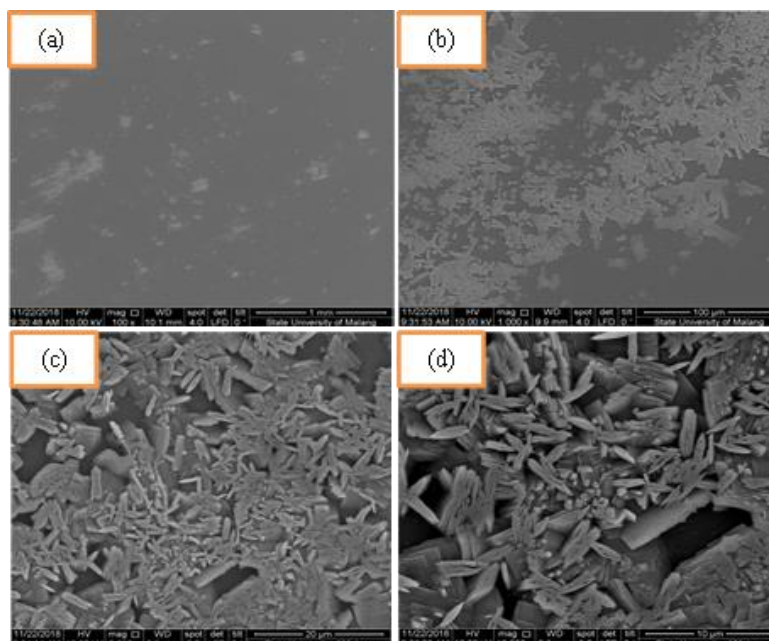
Karakteristik mikrostruktur *edible film* dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan elemen yang penting untuk mengetahui sifat *edible film* (Maruddin *et al.*, 2018). Gambar 5 memperlihatkan struktur permukaan *film* yang belum tercampur secara sempurna, masih ada bagian-bagian tertentu yang mengalami penggumpalan. Perbesaran 5000 x mulai terlihat adanya penggumpalan, hal ini dikarenakan konsentrasi KGM yang meningkat. Gumpalan yang terlihat pada gambar diatas butiran KGM yang mengalami pembengkakan atau gelatinasi akibat aglomerasi fisik (pemanasan). Pembengkakan atau proses gelatinisasi ini terjadi karena KGM memiliki sifat hidrofilik. Gambar 5 juga memperlihatkan adanya gelembung-gelembung udara yang terperangkap dalam *film*, adanya KGM yang tak tercampur

secara sempurna dengan matriks whey juga akan membentuk butiran-butiran. Wang dan Johnson (2013) menyatakan bahwa KGM dalam proses pembentukan gel memiliki keunikan tersendiri untuk membentuk gel termoreversibel dalam kondisi berbeda. KGM dapat membentuk gel apabila terjadi proses pemanasan hingga 85 °C dengan kondisi alkali ringan (pH 9-10). Penggunaan *plasticizer* PEG terlihat tercampur rata dengan matriks whey dan KGM, dapat

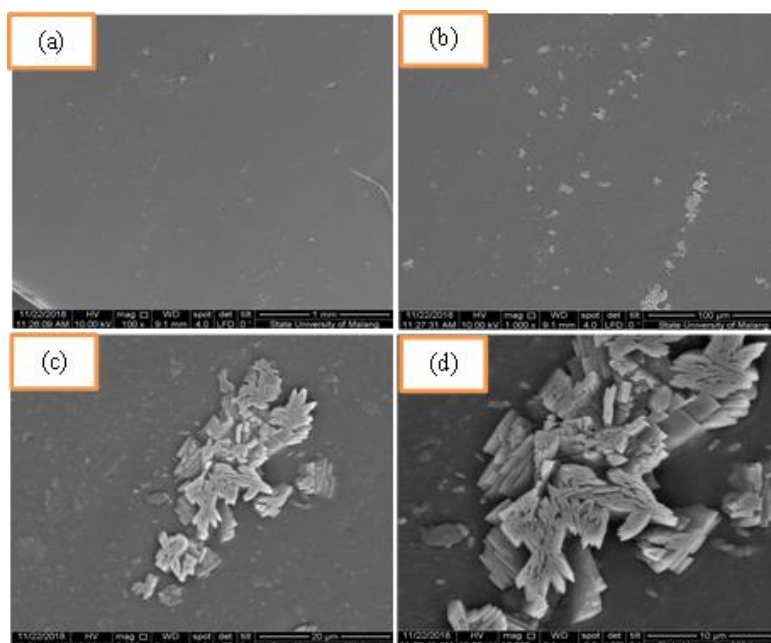
diketahui bahwa PEG misibel dengan air melalui ikatan hidrogen (Fridayanti *et al.*, 2010). Bagian hidrokarbon yang memiliki sifat hidrofobik dari struktur PEG akan membantu untuk memutuskan ikatan hidrogen diantara molekul air sehingga dapat mengurangi interaksi intermolekul air yang dapat menyebabkan dipol (kepolaran) air menjadi menurun serta komponen hidrofobik dapat masuk ke dalam rongga *film*.



Gambar 3 Mikrostruktur *film* whey dengan penambahan *konjac glucomannan* 3 % dan *plasticizer* gliserol 30 % dengan perbesaran (a) 100 x; (b) 1000 x; (c) 5000 x dan (d) 10000 x.



Gambar 4 Mikrostruktur *film* whey dengan penambahan *konjac glucomannan* 2,5 % dan *plasticizer* polietilen glikol (PEG) 30 % dengan perbesaran (a) 100 x; (b) 1000 x; (c) 5000 x dan (d) 10000 x.



Gambar 5 Mikrostruktur film whey dengan penambahan konjac glucomannan 3 % dan plasticizer polietilen glikol (PEG) 30 % dengan perbesaran (a) 100 x; (b) 1000 x; (c) 5000 x dan (d) 10000 x.

KESIMPULAN

Penggabungan antara whey dengan *konjac glucomannan* menghasilkan pengaruh terhadap mikrostruktur *film* dan memberikan karakteristik permukaan yang baik. Mikrostruktur *film* ini ditentukan selama proses pemanasan, proses selama pengeringan serta kontribusi gel yang terkandung pada *konjac glucomannan* terhadap struktur *film* whey. Mikrostruktur edible *film* yang lebih homogen diperoleh dengan menggunakan konsentrasi KGM 2,5 % dengan penggunaan *plasticizer* gliserol 30 % dimana distribusi KGM tercampur ke dalam matriks protein whey secara merata (homogen).

DAFTAR PUSTAKA

- Al Awwaly, K.U., Manab, A., Wahyuni, E. 2010. Pembuatan *edible film* protein whey: Kajian rasio protein dan gliserol terhadap sifat fisik dan kimia. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*. 5(1), 45-46
- Adlin, I.A., Sebastiani, Y., Hidayanti, T.N. 2020. Karakterisasi pembuatan *edible film* dengan variabel kombinasi tepung konjac dan karagenan serta konsentrasi gliserol. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. 4(2),88-95. <https://doi.org/10.32493/jitk.v4i2.6654>
- Cofelice, M., Cuomo, F., Chiralt, A. 2019. Alginate films encapsulating lemongrass essential oil as affected by spray calcium application. *Colloids and Interfaces*. 3(3). <https://doi.org/10.3390/colloids3030058>
- Fahrullah, F., Radiati, L.E., Purwadi, P., Rosyidi, D. 2020a. The effect of different plasticizers on the characteristics of whey composite edible film. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. 15(1), 31-37. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2020.015.01.4>
- Fahrullah, F., Radiati, L.E., Purwadi., Rosyidi, D. 2020b. The physical characteristics of whey based edible film added with konjac. *Current Research in Nutrition and Food Science*. 8(1), 333-339. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.1.31>
- Fahrullah, F., Ervandi, M. 2021. Mikrostruktur *edible film* whey dangke dengan penambahan karagenan dan plasticizer sorbitol 35 %. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis*. 8(1), 26-31. <https://doi.org/10.33772/jitro.v8i1.14785>
- Fahrullah, F., Ervandi, M., Rosyidi, D. 2021. Characterization and antimicrobial activity of whey edible film composite enriched with clove essential oil. *Tropical Animal Science Journal*. 44(3), 369-375. <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.3.369>
- Fridayanti, A., Hendradi, E., Isnaeni, I. 2010. Pengaruh kadar polietilen glikol (PEG) 400 terhadap pelepasan natrium diklofenak dari sediaan transdermal patch type matriks. *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*. 1(1), 4-10. <https://doi.org/10.25026/jtpc.v1i1.1>

- Hassan, B., Chatha, S.A.S., Hussain, A.I., Zia, K.M., Akhtar, N. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. In International Journal of Biological Macromolecules. 109, 1095-1107. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- Jia, D., Fang, Y., Yao, K. 2009. Water vapor barrier and mechanical properties of konjac glucomannan-chitosan-soy protein isolate edible films. Food and Bioproducts Processing. 87(1), 7-10. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2008.06.002>
- Kamsiati, E., Herawati, H., Purwani, E.Y. 2017. Potensi pengembangan plastik biodegradable berbasis pati sagu dan ubi kayu di Indonesia. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 36(2), 67-76.
- Li, X., Jiang, F., Ni, X., Yan, W., Fang, Y., Corke, H., Xiao, M., 2015. Preparation and characterization of konjac glucomannan and ethyl cellulose blend films. Food Hydrocolloids. 44, 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.09.027>
- Marpongahtun, C.F.Z., 2016. Physical-mechanical properties and microstructure of breadfruit starch edible films with various plasticizer. Eksakta. 13(1), 56-62. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol13.iss1-2.art7>
- Maruddin, F., Ratmawati, R., Fahrullah, F., Taufik, M. 2018. Karakteristik *edible film* berbahan whey dangke dengan penambahan karagenan. Jurnal Veteriner, 19(2), 291-297. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2018.19.2.291>
- Mostafavi, F.S., Kadkhodae, R., Emadzadeh, B., Koochehi, A. 2016. Preparation and characterization of tragacanth-locust bean gum edible blend films. Carbohydrate Polymers. 139, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.069>
- Prasetyaningrum, A., Rokhati, N., Kinasih, D. N., Wardani, F.D.N. 2010. Karakterisasi *bioactive edible film* dari komposit alginat dan lilin lebah sebagai bahan pengemas makanan *biodegradable*. Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses.
- Purnavita, S., Subandriyo, D.Y., Anggraeni, A. 2020. Penambahan gliserol terhadap karakteristik bioplastik dari komposit pati aren dan glukomanan. Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna. 16(1), 19-25. <https://doi.org/10.14710/metana.v16i1.29977>
- Qiao, X., Tang, Z., Sun, K. 2011. Plasticization of corn starch by polyol mixtures. Carbohydrate Polymers. 83(2), 659-664. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.035>
- Rhim, J.W., Wang, L.F. 2013. Mechanical and water barrier properties of agar/κ-carrageenan/konjac glucomannan ternary blend biohydrogel films. Carbohydrate Polymers, 96(1), 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.083>
- Saberi, B., Chockchaisawasdee, S., Golding, J.B., Scarlett, C.J., Stathopoulos, C.E. 2017. Physical and mechanical properties of a new edible film made of pea starch and guar gum as affected by glycols, sugars and polyols. International Journal of Biological Macromolecules. 104, 345-359. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.051>
- Sinaga, L.L., Rejekina, M.S., Sinaga, M.S. 2013. Karakteristik *edible film* dari ekstrak kacang kedelai dengan penambahan tepung tapioka dan gliserol sebagai bahan pengemas makanan. Jurnal Teknik Kimia USU. 2(4), 12-16. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i4.1485>
- Wang, K., Wu, K., Xiao, M., Kuang, Y., Corke, H., Ni, X., Jiang, F. 2017. Structural characterization and properties of konjac glucomannan and zein blend films. International Journal of Biological Macromolecules. 105, 1096-1104. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.127>
- Wang, L., Auty, M.A.E., Kerry, J.P. 2010. Physical assessment of composite biodegradable films manufactured using whey protein isolate, gelatin and sodium alginate. Journal of Food Engineering, 96(2), 199-207. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.07.025>

- Wang, W., Johnson, A. 2013. Introduction of konjac. Technical Article, 9–11.
- Wei, X., Pang, J., Zhang, C., Yu, C., Chen, H., Xie, B. 2015. Structure and properties of moisture-resistant konjac glucomannan films coated with shellac/stearic acid coating. *Carbohydrate Polymers*. 118, 119-215.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.11.009>
- Wu, K., Zhu, Q., Qian, H., Xiao, M., Corke, H., Nishinari, K., Jiang, F. 2018. Controllable hydrophilicity-hydrophobicity and related properties of konjac glucomannan and ethyl cellulose composite films. *Food Hydrocolloids*. 79, 301-309.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.12.034>